

PLANT FACILITY MONITOR DEVICE**Publication number:** JP9054613 (A)**Publication date:** 1997-02-25**Inventor(s):** MINAMI YUJI +**Applicant(s):** TOSHIBA CORP +**Classification:**

- International: G01D21/00; G05B23/02; G05B9/02; (IPC1-7): G01D21/00; G05B23/02; G05B9/02

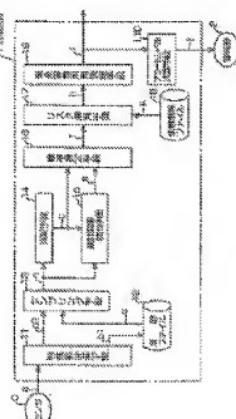
- European:

Application number: JP19950205666 19950811**Priority number(s):** JP19950205666 19950811**Abstract of JP 9054613 (A)**

PROBLEM TO BE SOLVED: To adequately predict the possibility of the occurrence of abnormality or a fault of equipment.

SOLUTION: A characteristic value evaluating means 11 inputs a data signal from a sensor 0, stores characteristic value data in a history file 12, and outputs a decision signal showing whether or not the characteristic value data exceeds a specific reference value to a sampling means 13.

The sampling means 13 once receiving the decision signal indicating that the reference value is exceeded takes history data of a specific past period out and sends the data to an identifying means 14 and a statistic information extracting means 15. A probability estimating means 16 estimates the abnormality occurrence probability and fault occurrence probability of the equipment. A risk arithmetic means 17 calculates a risk value from information from an influence information file 18 and the estimation result of the means 16 and a maintenance execution period determining means 19 determines a period wherein preventive maintenance should be carried out. Then an alarm level determining means 110 determines an alarm level corresponding to the length of the maintenance execution period and an alarm unit 2 outputs an alarm at the level.



Database — Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-54613

(43) 公開日 平成9年(1997)2月25日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 5 B	23/02	3 0 2	0360-3H	G 0 5 B 23/02 3 0 2 M
G 0 1 D	21/00			G 0 1 D 21/00 Q
G 0 5 B	9/02			G 0 5 B 9/02 F

審査請求 未請求 請求項の数 6 OJL (全 16 頁)

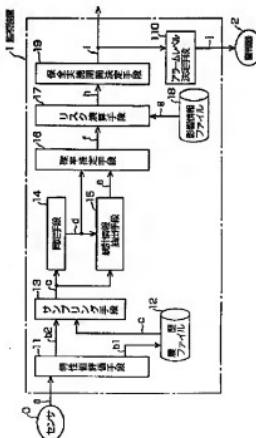
(21)出願番号 特願平7-205866
(22)出願日 平成7年(1995)8月11日
(71)出願人 000003078
株式会社東芝
神奈川県川崎市幸区鶴川町72番地
(72)発明者 南 裕二
東京都府中市東芝町1番地 株式会社東芝
府中工場内
(74)代理人 弁理士 佐藤 一雄 (外3名)

(54) 【発明の名称】 プラント設備監視装置

(57) 【要約】

【課題】 機器の異常又は故障の発生の可能性を適確に予測する。

【解決手段】 特性値評価手段11は、センサ0からのデータ信号を入力し、特性値データを履歴ファイル12に格納するとと共に、この特性値データが所定基準値を超えたか否かについての判定信号をサンプリング手段13に出力する。サンプリング手段13は超えた旨の判定信号を入力すると、過去の所定期間における履歴データを取り出し、これを同定手段14及び統計情報処理手段15に送る。確率推定手段16は、手段14、15からの線形時間関数と分散値に基き、機器の異常発生確率及び故障発生確率を推定する。リスク演算手段17は影響情報ファイル18からの情報と手段16の推定結果からリスク値を演算し、保全実施期間決定手段19は予防保全を実施すべき期間を決定する。そして、アラームレベル決定手段110は保全実施期間の長さに応じたアラームレベルを決定し、警報器2はこのレベルで警報を出力する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】プラント設備内の各機器からのデータ信号を入力し、これらの機器の劣化状態に関連する特性値データを演算すると共に、この特性値データが所定基準値を超えたか否かについて判定する特性値評価手段と、前記特性値評価手段が演算した特性値データを履歴データとして格納する履歴ファイルと、前記特性値評価手段が前記超えたと判定した場合に、前記履歴ファイルから履歴データを、所定時間経過した時点から所定時間幅にわたって取り出すサンプリング手段と、前記サンプリング手段からの前記履歴データを入力し、この履歴データの近似値をとる線形・非線形の時間間数情報を同定する同定手段と、前記履歴データ及び前記時間間数情報から所定の統計情報を抽出する統計情報抽出手段と、前記時間間数情報及び前記統計情報に基いて、前記各機器の未来の時系列上の任意時点での異常発生確率及び故障発生確率を推定する確率推定手段と、

を備えたことを特徴とするプラント設備監視装置。

【請求項2】請求項1記載のプラント設備監視装置において、前記特性値評価手段は、所定時間経過毎に最も古い履歴データを削除して新しい履歴データを格納するものである、ことを特徴とするプラント設備監視装置。

【請求項3】請求項1又は2記載のプラント設備監視装置において、

前記各機器に異常又は故障が発生した場合のプラント設備に対する影響の大きさを数値化した影響情報を格納する影響情報ファイルと、前記異常発生確率又は前記故障発生確率と前記數値化した影響情報を積を演算することにより、異常又は故障発生に伴うリスク値を求めるリスク演算手段と、を備えたことを特徴とするプラント設備監視装置。

【請求項4】請求項3記載のプラント設備監視装置において、

前記リスク演算手段は、前記異常発生に伴うリスク値として、求めめた上限値に到達するまでは時間の経過と共に蓄積する累積リスク値を演算するものあり、この累積リスク値と前記故障発生に伴うリスク値とを合計した値を、前記各機器の未来の時系列上の任意時点でのリスク値として求めるものである、

ことを特徴とするプラント設備監視装置。

【請求項5】請求項3又は4記載のプラント設備監視装置において、

前記リスク演算手段の演算結果に基いて、前記異常発生又は故障発生に対しての予防保全を実施すべき期間を決定する保全実施期間決定手段を、

を備えたことを特徴とするプラント設備監視装置。

【請求項6】請求項5記載のプラント設備監視装置において、所定保全実施期間の期間長に応じた複数のアラームレベルを設定しておき、これらのうちから前記保全実施期間決定手段が決定した期間の長さに対応するアラームレベルを決定するアラームレベル決定手段と、を備えたことを特徴とするプラント設備監視装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、プラント設備内の各機器からのデータ信号を入力して、これらの異常発生確率や故障発生確率を推定するプラント設備監視装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】一般に、プラント設備内の機器の異常監視は、機器の特性値にしきい値を設定（しきい値は固定）、そのしきい値との比較により、しきい値を越えていれば異常と判定し、アラームを発する設備が大半を占めている。

【0003】また、特性値の履歴データから特性値の変動・推移を統計的に捕らえ、未来の任意の時点での特性値を予測し、その特性値が未来のどの時点でしきい値に達するかを推定する方法（しきい値に達する時間の推定方法）もあるが、この推定対象となるものは、履歴データの中心値である。例えば、過去の履歴データの変動から最小二乗法で、未来の特性値推移を推定（中心値の推移として推定）する方法などがある。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】以上の従来技術では、下記の問題がある。

(1) 単に、特性値のしきい値判定だけでは、しきい値の大きさに判定が直接左右される。すなわち、しきい値が安全側へよりすぎる（過剰な安全思考）と、ノイズなどによる一時的な特性値変動など実際に異常でないのに異常と判定して誤報を頻発する。しきい値を逆に安全側から離しすぎると、異常を検知できなくなる。このように適切なしきい値を設定することが難しい。

(2) 過去の履歴データの統計情報から、未来の特性値の中心値を推定する方法では、過去の情報を考慮しているので、ノイズ等による一時的な変動に直接左右されない利点があるが、単に中心値の推移を扱っているだけでるので、真値との隔たりが大きい（誤差も大きい）。

(3) 重要な機器（設備全体の稼働への影響が大きい機器や有害な化学物質が扱われている機器、爆発などの可能性がある反応炉など）は、その機器が故障した場合の設備や環境に与える損害（保全コストも含めて）、被害などのリスク値を考慮して、適切な時期にアラームを出す必要がある。しかし、従来技術では、逐次変動する特性値とリスク値を考慮して、適切な時期にアラームを

出す仕組みがない。

【0005】本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであり、過去の履歴値の中心値（平均値と考えてもよい）以上の詳細な統計情報を利用し、未来的特性値の予測確率分布を推定し、機器故障のリスク値も考慮し、適切な時期にアラームを出す仕組みを有するプラント設備異常監視装置を提供することを目的としている。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するための手段として請求項1記載の発明は、プラント設備内の各機器からのデータ信号を入力し、これらの機器の劣化状態に関する特性値データを演算すると共に、この特性値データが所定基準値を超過したか否かについて判定する特性値評価手段と、前記特性値評価手段が演算した特性値データを履歴データとして格納する履歴ファイルと、前記特性値評価手段が前記超過と判定した場合に、前記履歴ファイルから履歴データを、所定時間及びした時点から所定時間幅にわたって取り出すサンプリング手段と、前記サンプリング手段からの前記履歴データを入力し、この履歴データの近似値をとる線形・非線形の時間間隔情報を固定する同定手段と、前記履歴データ及び前記時間間隔情報を抽出する統計情報抽出手段と、前記時間間隔情報を及ぼす統計情報に基づいて、前記各機器の未來の時系列上の任意時点での異常発生確率及び故障発生確率を推定する確率推定手段と、を備えたことを特徴とする。

【0007】請求項2記載の発明は、請求項1記載の発明において、前記特性値評価手段は、所定時間経過毎に最も古い履歴データを削除して新しい履歴データを格納するものである。ことを特徴とする。

【0008】請求項3記載の発明は、請求項1又は2記載の発明において、前記各機器に異常又は故障が発生した場合のプラント設備に対する影響の大きさを数値化した影響情報を格納する影響情報ファイルと、前記異常発生確率又は前記故障発生確率と前記数値化した影響情報との積を演算することにより、異常又は故障発生に伴うリスク値を求めるリスク演算手段と、を備えたことを特徴とする。

【0009】請求項4記載の発明は、請求項3記載の発明において、前記リスク演算手段は、前記異常発生に伴うリスク値として、予め定めた上限値に到達するまでは時間の経過と共に累積する累積リスク値を演算するものであり、この累積リスク値と前記故障発生に伴うリスク値とを合算した値を、前記各機器の未來の時系列上の任意時点でのリスク値として求めるものである。ことを特徴とする。

【0010】請求項5記載の発明は、請求項3又は4記載の発明において、前記リスク演算手段の演算結果に基いて、前記異常発生又は故障発生に対しての予防保全を実施すべき期間を決定する保全実施期間決定手段を、備

えたことを特徴とする。

【0011】請求項6記載の発明は、請求項5記載の発明において、予め保全実施期間の期間長に応じた複数のアラームレベルを設定しておき、これらの中から前記保全実施期間決定手段が決定した期間の長さに対応するアラームレベルを決定するアラームレベル決定手段と、を備えたことを特徴とする。

【0012】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図に基づいて説明する。なお、以下で述べる機器の「特性値」は、通常の特性値だけでなく、特性の評価値なども、広く含めたものである。例えば、特性の評価値として、機器が劣化していくために起こる特性低下度（又は特性劣化度）や異常の程度などを表現する値がある。

【0013】また、以下の実施形態では、特性値に対し、下限の異常レベルと上限のトリップレベルを設定しているが、特性値及びその評価値の表現の仕方により、上限の異常レベルを上限のトリップレベルとして設定することもある。

【0014】図1は、本発明の一実施形態の構成を示すプロック図である。図1において、特性値評価手段11は、プラント設備内の各機器に設置されたセンサ0からこれらの機器の状態を表すデータ（a）を入力し、機器の特性値Fを表すデータ（b1）を計算するものである。そして、特性値Fを表すデータ（b1）が異常レベルAを超えているか否かを判定するため、異常レベルAと特性値Fを表すデータ（b1）とを比較する。

【0015】履歴ファイル12は、特性値評価手段11で計算した特性値Fを表すデータ（b1）を履歴データとして格納するものである。

【0016】サンプリング手段13は、特性値評価手段11で比較した結果（b2）を入力し、その結果（b2）が「特性値Fを表すデータ（b1）≥異常レベルA」である場合に、履歴ファイル12に格納している特性値Fを表すデータ群（c）を、設定した時間幅でサンプリングするものである。

【0017】同定手段14は、サンプリング手段13でサンプリングした特性値Fを表すデータ群（c）を入力し、最小二乗法により、特性値を表すデータ群（c）の近似値をとる線形時間間数（d）を同定するものである。

【0018】統計情報抽出手段15は、サンプリング手段13でサンプリングした特性値Fを表すデータ群（c）と、同定手段14で同定した線形時間間数（d）を入力し、線形時間間数（d）上のデータ値からの特性値Fを表すデータ群（e）の分散値（e）を抽出するものである。

【0019】確率推定手段16は、同定手段14で同定した線形時間間数（d）と統計情報抽出手段15で抽出した分散値（e）を入力し、機器の異常発生確率及び故

障発生確率を推定するものである。

【0020】影響情報ファイル18は、機器の故障及び異常に伴う影響の大きさを数値化したデータ(g)を影響情報として格納するものである。

【0021】リスク演算手段17は、確率推定手段16で推定した推定データ(f)と影響情報ファイル18に基づき格納されたデータ(g)を入力し、故障発生確率に基くリスク値を計算すると共に、異常発生確率に基づく累積リスク値を計算し、これらのリスク値を合計することにより前記機器のリスク値を求めるものである。

【0022】保全実施期間決定手段19は、リスク演算手段17で計算した結果(h)を入力し、機器の保全実施の余裕期間(i)を決定してこの決定結果(i)を外部へ出力するものである。

【0023】アラームレベル決定手段110は、保全実施期間決定手段19で決定した結果(i)を入力し、アラームレベルを決定して外部警報器2にアラームレベル決定信号(j)を出力するものである。

【0024】図2は、図1の動作についてのフローチャートである。以下、図2に基き図1の動作を説明していく。

【0025】特性評価手段11は設備の機器に設置したセンサ0から、機器の状態を表すデータ(a)を入力する。この状態を表すデータ(状態量)(a)は、機器の特性を直接又は間接的に表す温度、圧力、流量などである(ステップS1)。特性評価手段11では、入力した状態量(a)から特性値Fを計算する。例えば、この状態量(a)の設計値との比は、特性を与える指標の一つである。ここで計算した特性値を表すデータ(特性値Fデータ)(b1)は逐次、履歴ファイル12に格納される(ステップ2)。特性評価手段11では、計算した特性値F(b1)と異常レベルAとの大小関係を判定する(ステップS3)。この判定基準は次の通りである。

【0026】・「特性値F≥異常レベルA」の場合→特性値は異常(劣化している)

・「特性値F<異常レベルA」の場合→特性値は正常(劣化はみられない)

サンプリング手段13では、特性評価手段11の判定結果(b2)を入力し、その判定結果(b2)に基づき、履歴ファイル12に格納された特性値Fデータ(b1)をサンプリングする。判定結果(b2)に基づく、サンプリングの条件は次の通りである。

【0027】・判定結果:「特性値F≥異常レベルA」の場合→一定期間長の特性値Fデータ群(c)をサンプリングする(ステップS4)と共に、サンプリング以後の処理と平行して、ステップS1, S2に戻る。

【0028】・判定結果:「特性値F<異常レベルA」の場合→サンプリングせずにステップS1, S2に戻る。

【0029】同様手段14では、サンプリング手段13でサンプリングした特性値Fデータ群(c)を入力し、この特性値Fデータ群(c)に真値の同定法である最小二乗法を適用して、線形近似(1次近似)した近似直線(特性値のトレンド予測線)(d)を同定する(ステップS5)。この特性値のトレンド予測線(d)は時間間数である。

【0030】以上の動作を図3及び図4のグラフを用いて詳しく説明する。図3は、特性値Fと機器の運転日数Dとの関係を示すトレンドグラフである。このグラフにプロットした黒丸点b1が特性値Fデータ(b1)であり、この黒丸点(b1)のトレンドデータが履歴ファイル12に格納されている。また、これらのトレンドデータの最小二乗近似が円弧に示す直線(d)である。さらに、同図には、特性値FのトリップレベルBと異常レベルAのしきい値が表示されている。機器がトリップする特性値FのレベルがトリップレベルBである。

【0031】サンプリング手段13でサンプリングを開始するタイミングは、プロットされている黒丸点b1の特性値Fが異常レベルBに達した時点である。現在が、「黒丸点b1が異常レベルBに達した」時点である様子を示したもののが円弧であり、その時点は、運転日数DがD₁点の時点である。

【0032】図4のグラフは、サンプリング手段13でサンプリングが繰り返される様子を示している。すなわち、現在D₁点からD₁, D₂点で、特性値評価手段11がセンサ0から状態量を入力したとすると、同手段11での特性値Fの判定結果が「特性値F≥異常レベルA」と判定した場合、サンプリングする期間Sはシフトしていく。この場合、サンプリングの期間Sは一定なので、シフトした分、古いデータ(履歴データ)は除去され、最新のデータが加えられることになる。

【0033】統計情報抽出手段15では、サンプリング手段13でサンプリングした特性値Fデータ群(c)と同定手段14で同定した特性劣化のトレンド予測線(d)を入力する。そして、この統計情報抽出手段15は、線形・非線形の時間間数上に、機器の特性の予測値の平均値が近似的に存在すると仮定し、線形・非線形の時間間数上のデータ値から履歴データ値のバラツキ程度などの統計情報を抽出する。ここで、線形の時間間数とは特性値のトレンド予測線(d)である。この予測線(d)は、特性値Fデータ(b1)の中心値を同定したものであり、現在より未来の時点では、この中心値を、未来の予測される「特性値Fの平均値」と仮定している。

【0034】そして、過去の特性値Fのデータ群(c)の予測線(中心地の推移)(d)からの偏差(散らばり程度)を「未來の時点で予測される特性値Fの平均値からの偏差」(散らばり程度)と仮定する。すなわち、過去の特性値Fの中心値と実際の値とのバラツキ(分散な

の統計的な関係を未来も維持すると仮定している
(下記を仮定)。

$$\left. \begin{array}{c} \text{過去の特性値 } F \text{ の中心値推移} = \text{未来の特性値 } F \text{ の平均値推移} \\ \\ \text{過去の特性値 } F \text{ の中心値} = \text{未来の特性値 } F \text{ の平均値} \\ \text{からの分散} \qquad \qquad \qquad \text{からの分散} \end{array} \right\}$$

以上の仮定の下、未来的な時点では、任意の時点で図5に示す特性値確率密度分布Cが推定できる。本実施形態では、過去の特性値Fの中心値推移と分散から未来的な特性値の平均値の推移と分散Vを決定し、特定の確率密度分布(特性値確率密度分布C)の形(正規確率密度分布など)を設定する。ただし、分散以上の詳細な統計情報等を、同様にして考慮してもよい。

【0036】統計情報抽出手段1.5では、上記により、過去の特性値Fの中心値(特性値のトレンド予測線(d))からの特性値Fデータ群(c)のバラツキ(分散値)(e)を計算する(ステップS6)。

【0037】確率推定手段1.6は、同定手段1.4で同定した特性値のトレンド予測線(d)と統計情報抽出手段1.5で抽出した分散値(e)を入力し、故障発生確率及び異常発生確率を推定する(ステップS7)。まず、故障発生確率の推定について説明する。本発明では、機器がトリップする状態を故障と定義するが、これは、図3で示したトリップレベルBを黒丸点b1の特性値Fが越える状態に相当する。そして、確率推定手段1.6は、機器のトリップを誘発し、トリップレベルBを前記確率密度の分布が超過する確率を計算し、この確率を「未来的な時点」における故障の発生確率と推定するものである。この概念を図6で説明する。

【0038】図6は横軸が運転日数Dで、未来的な時点D₁～D₅における特性値確率密度分布C(図5参照)が特性値のトレンド予測線(d)上に図示されている。トレンド予測線(d)上のU₁～U₅は未来的な時点D₁～D₅における予測される「特性値の平均値」である。これらの平均値の周りに、統計情報抽出手段1.5で計算した分散値(e)のバラツキをもつ特性値確率密度分布C₁～C₅がある。同図で左下がりの斜線で示した分布の面積P₁～P₅は、特性値確率密度分布がトリップレベルBを超過する確率であり、これらが未来的な時点D₁～D₅における故障発生確率Pである。

【0039】次に、異常発生確率の推定法について説明する。図6において、異常レベルAとトリップレベルB

【0035】
【数1】

に挟まれた区間に入る特性値確率密度分布の面積P_{A1}～P_{A5}を計算する。これらP_{A1}～P_{A5}は特性値Fデータ(b1)が異常と見なされる確率(異常発生確率P_A)である。計算した故障発生確率P: P₁～P₅を運転日数Dに対し、プロットすると図7のようになる。同様にして、異常発生確率P_A: P_{A1}～P_{A5}についてもプロットできる。

【0040】リスク演算手段1.7では、確率推定手段1.6で推定した故障発生確率Pと異常発生確率P_Aの推定データ(f)と影響情報ファイル1.8に格納されたデータ(g)を入力し、故障発生確率Pに対しリスク値を計算する(ステップS8)。また、異常発生確率P_Aに対しリスク値及び累積リスク値を計算する。さらに、これら、故障発生確率Pによるリスク値と異常発生確率P_Aによる累積リスク値の合計を計算する。

【0041】ここで、リスク計算の概要を図8及び図9に基づき説明する。リスクの分類を示したもののが図8である。ここでは、機器が故障又は異常に陥った場合の「影響の大きさ」を5段階に分類し、数値化している(この分類は例段階にわけてもよい。)。図8に基づき、機器別、特性値別に、機器の異常又は故障の影響の大きさを記述したデータが影響情報ファイル1.8に格納されている。そして、機器に異常又は故障が起った場合の影響の大きさに異常発生確率又は故障発生確率を積算した値を本実施形態ではリスク値と定義する。

【0042】すなわち、
・機器の異常(特性値Fデータ(b1)がトリップレベルBと異常レベルAの間にあると予測される状態)の場合
機器の異常に伴う(1)式のリスク計算では、次の制約条件を設定する。

【0043】「各時点でのリスク値を時間経過の方向へ累積していく、設定した上限値に達すると以後、その上限値の値をとり続ける」という制約

【0044】
【数2】

$$\left. \begin{array}{l} \text{時点D}_1 \text{ のリスク値} R_{A1} = P_{A1} \times \text{影響の大きさ} E_A \\ \text{時点D}_2 \text{ のリスク値} R_{A2} = P_{A2} \times \text{影響の大きさ} E_A \\ \text{時点D}_3 \text{ のリスク値} R_{A3} = P_{A3} \times \text{影響の大きさ} E_A \\ \text{時点D}_4 \text{ のリスク値} R_{A4} = P_{A4} \times \text{影響の大きさ} E_A \\ \text{時点D}_5 \text{ のリスク値} R_{A5} = P_{A5} \times \text{影響の大きさ} E_A \end{array} \right\} \cdots (1)$$

ここで、(1)式の結果の累積をとると、

【数3】

【0045】

$$\left. \begin{array}{l} \text{時点D}_1 \text{ の累積リスク値} R_{A1}^* = R_{A1} \\ \text{時点D}_2 \text{ の累積リスク値} R_{A2}^* = R_{A1} + R_{A2} \\ \text{時点D}_3 \text{ の累積リスク値} R_{A3}^* = R_{A1} + R_{A2} + R_{A3} \\ \text{時点D}_4 \text{ の累積リスク値} R_{A4}^* = R_{A1} + R_{A2} + R_{A3} + R_{A4} \\ \text{時点D}_5 \text{ の累積リスク値} R_{A5}^* = R_{A1} + R_{A2} + R_{A3} + R_{A4} + R_{A5} \end{array} \right\} \cdots (2)$$

いま、 $R_{A1} + R_{A2} + R_{A3} <$ 累積リスク値の上限値 $R_B <$

【0046】

$R_{A1} + R_{A2} + R_{A3} + R_{A4}$ であるならば、制約条件によ

【数4】

り、累積リスク値 R_B^* は次のようになる。

$$\left. \begin{array}{l} \text{時点D}_1 \text{ の累積リスク値} R_{A1}^* = R_{A1} \\ \text{時点D}_2 \text{ の累積リスク値} R_{A2}^* = R_{A1} + R_{A2} \\ \text{時点D}_3 \text{ の累積リスク値} R_{A3}^* = R_{A1} + R_{A2} + R_{A3} \\ \text{時点D}_4 \text{ の累積リスク値} R_{A4}^* = R_B \\ \text{時点D}_5 \text{ の累積リスク値} R_{A5}^* = R_B \end{array} \right\} \cdots (3)$$

・機器の故障（特性値Fデータ（b1）がトリップレベルBを超えると予測される状態）の場合 【0047】

【数5】

機器の故障に伴うリスク値 R_B は次式で計算する。

$$\left. \begin{array}{l} \text{時点D}_1 \text{ のリスク値} R_{B1} = P_{B1} \times \text{影響の大きさ} E_B \\ \text{時点D}_2 \text{ のリスク値} R_{B2} = P_{B2} \times \text{影響の大きさ} E_B \\ \text{時点D}_3 \text{ のリスク値} R_{B3} = P_{B3} \times \text{影響の大きさ} E_B \\ \text{時点D}_4 \text{ のリスク値} R_{B4} = P_{B4} \times \text{影響の大きさ} E_B \\ \text{時点D}_5 \text{ のリスク値} R_{B5} = P_{B5} \times \text{影響の大きさ} E_B \end{array} \right\} \cdots (4)$$

本実施形態のリスク計算手段1.7では、上式（3）、

【0048】

(4)の結果より、次式で、未来の時点D₁～D₅のリ

【数6】

スク値 R_B を計算する。

$$\left. \begin{array}{l} \text{時点D}_1 \text{ のリスク値} R_{B1} = R_{A1}^* + R_{B1} \\ \text{時点D}_2 \text{ のリスク値} R_{B2} = R_{A2}^* + R_{B2} \\ \text{時点D}_3 \text{ のリスク値} R_{B3} = R_{A3}^* + R_{B3} \\ \text{時点D}_4 \text{ のリスク値} R_{B4} = R_{A4}^* + R_{B4} \\ \text{時点D}_5 \text{ のリスク値} R_{B5} = R_{A5}^* + R_{B5} \end{array} \right\} \cdots (5)$$

(5)式で計算した結果をプロットすると図9のようになる。同図で緑色のリスク値R_Bの意味は、影響の大きさを数値化した値（図8の分類）から、解釈すればよい。例えば、同図で時点D₅におけるリスク値R_Bは影響の

大きさから見ると分類「小さい」にある。そのレベルのリスク値であると解釈する。

【0049】保全実施期間決定手段1.9は、リスク計算手段1.7で計算した結果(h)を入力し、機器の保全実

施の余裕期間 (i) を決定してこの決定結果 (i) を外部へ出力する。この結果 (h) は図9に示す未来の運転日数Dに対するリスク値Rの推移である。

【0050】保全実施期間決定方法では、推定・計算で得られた図9(リスク曲線 r_1 :リスク値 $R_1 \sim R_6$ を結んだ曲線)に対し、許容可能なリスクの上限のしきい値 R_{L1} (リスクしきい値と以後呼ぶ)を設定し、リスクしきい値 R_{L1} とリスク曲線 r_1 が交差する点 R^* の運転日数 T^* を保全実施の余裕期間と決定する(ステップS9)。

【0051】そして、この結果(運転日数 T^*) (1)を外部と次手段110へ入力する(ステップS10)。

【0052】次に、以上述べたステップS1～ステップ

$$\text{〔吐出圧力の特性値F〕} = \frac{\text{〔実測圧力値〕}}{\text{〔設計圧力値〕}} \times 100 \quad \dots \dots (6)$$

実測圧力値は状態量(吐出圧力データ(a))である。但し、上式(6)によらず、直接、吐出圧力(a)を特性値としてもよい。図1は吐出圧力の特性値Fデータ(%)についての表である。但し、この特性値Fは説明のために付与した値である。また、図1はある基準日からの図10の「ポンプ-反応器」系の運転日数Dにおける特性値F(%)を示している。

【0053】ステップS1、ステップS2により、履歴ファイル12に格納されているのが図11であり、これをグラフ表示したものが図12である。図12は図11の特性値Fを△点でプロットしたものである。また、同図にはトリップレベルBを特性値F=130%、異常レベルAを特性値F=115%で表示している。図11において、現在が運転日数31日目とすると、特性値F=

$$1\text{次近似線(予測線)}: F_D = 0.94D + 86.16 \quad \dots \dots (7)$$

但し、 \bar{F}_D : 予測特性値の平均値(文中では、バー F_D と呼ぶ。)

D : 運転日数

統計情報抽出手段15は、図11に示すデータ(c)と同定手段14で同定した予測線(d)を入力する。そして、(7)式の予測線(d)に対する図11に示すデータ(c)のバラツキ(分散)(e)を次式により計算す

$$\text{分散}\sigma^2(e) = \frac{1}{N} \sum_{D=1}^{D=1} (F_D - \bar{F}_D)^2 \quad \dots \dots (8)$$

但し、 F_D : 図11に示す運転日数Dにおける特性値F

\bar{F}_D : 予測線(d)の運転日数Dにおける予測特性値の平均値

N : 図11のデータ個数

いま、N=16であり、(8)式で分散 $\sigma^2(e)$ を計算すると、分散 $\sigma^2(e)=7.79$ となり、また、標準偏差 σ は $\sigma=2.79$ となる。上記のような各運転日数Dにおける計算した分散 $\sigma^2(e)$ と平均値 \bar{F}_D

S10までをより具体的な例に基きさらに詳しく説明する。なお、以下の例で示すデータの計算過程では、いくつかの近似計算を行っている。

【0053】図10は、ポンプGから原料が配管IIを通して、反応器Mに送られ、ポンプGの吐出圧力を測定するための圧力計Kが配置された「ポンプ-反応器系」のプラント設備である。この「ポンプ-反応器」系では、配管II内に汚泥・閉塞物がある状態を想定している。いま、圧力計Kが示すポンプGの吐出圧力(a)をセンサ0から入力し、吐出圧力(a)の特性値Fを特性値評価手段11で次式により計算する。

【0054】

【数7】

115%であり、これは異常レベルAと同値である。で、ステップS3、S4により、サンプリング手段13でサンプリングを行う。ここでは、サンプリング期間S=31日間とし、図11で示すデータ(c)を履歴ファイル12からサンプリングする。

【0056】同定手段14は、サンプリングした図11で示すデータ(c)を入力し、このデータ(c)に対し最小二乗法を適用して、1次近似線(予測線)(d)を計算(同定)する(ステップS5の具体例)。これにより次式が得られる。次式を図示したものが図12である。

【0057】

【数8】

る。

【0058】

【数9】

を表にまとめたものが図13である(ステップS6の具体例)。

【0059】確率推定手段16では、同定手段14で同定した予測線(d)と統計情報抽出手段15で計算した

分散 σ^2 (e) を入力し、故障発生確率 P_f と異常発生確率 P_{fa} を推定する。この例では、特性値 F が正規分布の確率密度に従うと仮定する。そして、確率計算に標準正規分布表を利用するため、子測特性値の平均値 $B - F_D$

$$z = \frac{B - F_D}{\sigma} \quad \dots\dots (9)$$

但し、 B : トリップレベル B (%)

\bar{F}_D : 予測値 (d) の運転日数 D における子測特性値の平均値

σ : 図11に示す特性値データの予測値 (d) からの標準偏差

$D = 1, 3, 5, \dots, 27$

このとき、子測特性値の平均値 $B - F_D$ ≒ B となる確率が故障発生確率 P_f である。図12では、トリップレベル $B = 130\%$ であるので、 $B = 130\%$ である。いま、 $\sigma = 2, 79$ で(9)式により正規化変数 z を計算する。この z の確率 P (故障発生確率 P_f) を標準正規分布表により求めたものを図14に示す。ただし、図14は現在 (運転日数 $D = 31$ 日) を基準にした運転日数 D を表記している。すなわち、同団では、基準日からの運転日数 $D = 31$ 日を0日として、未来の運転日数 D を示してい

$$z_1 = \frac{A - \bar{F}_D}{\sigma}, \quad z_2 = \frac{B - \bar{F}_D}{\sigma} \quad \dots\dots (10)$$

このとき

$$z_1 \leq z \leq z_2$$

の区間確率を標準正規分布表より計算する。計算した結果を図16に示す。同団も現在 (運転日数 $D = 31$ 日) を基準にした運転日数 D を表記している。すなわち、同団では、基準日からの運転日数 $D = 31$ 日を0日として、未来の運転日数 D を示している (ステップS7の具体例)。

【0064】リスク計算手段17は、確率推定手段16で推定した「故障発生確率 P_f と異常発生確率 P_{fa} 」(h)を入力する。また、影響情報ファイル18からポンプGの吐出圧力の影響情報 (g) を入力する。

【0065】ここで、この影響情報 (g) について説明する。この例では、吐出圧力の特性値の異常上昇を対象にしている。特性値が上昇するとは、(6)式により吐出圧力が設計値に対して上昇することである。図10には、配管室内に汚れ・閉塞Tがあり、これが原因でポンプGの吐出圧力が上昇することを想定している。いま、ポンプGの吐出圧力が上昇するとポンプGの負荷が増大し、ポンプGの電力消費量も増大していく。この吐出圧力が異常に上昇すると、ポンプGが損傷又はトリップし、反応器Mへの原料供給が停止する。このとき、ポンプGの代替機又は系が二重系でなければ、プラント運転が停止することになる。この異常波及の様子をツリーで表現したもののが図17である。

【0066】図17は頂上事象を異常事象とし、頂上事

を次式により正規化する。

【0060】

【数10】

る。図14に示す故障発生確率 P_f を運転日数 D に対しプロットしたグラフを図15に示す。

【0061】次に、異常発生確率 P_{fa} を計算する。異常発生確率 P_{fa} は上限のトリップレベル B (130%) と下限の異常レベル A (115%) の区間に特性値確率密度分布Cが入る区間面積 (確率) を計算する。

【0062】この場合、

【0063】

【数11】

$$\dots\dots (11)$$

象の部位をもつ機器が異常を継続するか故障するかでツリー一分岐し、与える影響を結果事象として示したものである。影響情報ファイル18は、上記のようにツリーで影響を分析し、影響の大きさを図8に従って、付したファイルを格納している。

【0067】図18は、「異常項目：ポンプ吐出圧力上昇」に対する影響情報を示したものである。図18はポンプGの状態（異常／故障）に対して、影響を記述している。さらに、図8に基づき、影響の大きさを与えている。ポンプGの異常は、ポンプGの吐出圧力の特性値 F が、トリップレベル B と異常レベル A の区間にある状態を意味し、故障はトリップレベル B を特性値 F が越える状態を意味する。

【0068】ここで、注意すべき点は、同団の異常の影響項目に対する影響の大きさが、1～4, 5と与えられていることである。これは、「影響の大きさは1で、リスク累積値の最大値が4, 5である。」と読むものとする。すなわち、異常な状態が維持している場合は、時間の経過にともない、影響の大きさ1の事象が繰り返し起こることを意味するので、リスク値は累積して増大するが、上位値（ここでは4, 5）があることを意味する。

【0069】図18では、吐出圧力の特性値 F が2つの状態（異常／故障）にある場合に分かれているが、影響の大きさをより詳細に与える場合は、異常レベル A とトリ

ップレベルBの区間をさらに分割（すなわち、異常状態をより詳細に場合分けすること）し、それぞれの区間で、影響の大きさを付与すればよい。例えば、図19に示すように、異常レベルAとトリップレベルBの区間を、ここでは、3分割（特性値区间RD1, RD2, RD3）し、各特性値区间に吐出圧力の特性値Fが入る場合の影響の大きさを与える。この時、以後のリスク計算では、区间RD1, RD2, RD3に吐出圧力の特性値Fの確率密度分布が入る区间確率を異常発生確率 P_A と同様にして計算しておく必要がある。

【0070】では、この影響情報（h）に付与された影響の大きさと（3）、（4）、（5）式、及び図14、図16の故障発生確率Pと異常発生確率 P_A を用いて、リスク値Rを計算してみる。（4）式と図14、及び影響の大きさ=7から、現在より未来の運転日数Dにおける各リスク値 R_k を計算した結果を図20に示す。

【0071】まず、（3）式（上限値=4.5）と図16及び影響の大きさ=1から現在より未来の運転日数Dにおける各リスク値 R_k と累積リスク値 R_A *を計算した結果を図21に示す。但し、図20、図21とも、現在（運転日数D=31日）を基準にした運転日数Dを表記している。すなわち、同図では、基準日からの運転日数D=31日を0日として、未来的の運転日数Dを示している。図20、図21のデータを（5）式により合計した結果（リスク値R）を運転日数Dに対してプロットしたグラフを図22に示す（ステップS8の具体例）。

【0072】保全実施期間決定手段19はリスク計算手段17での計算結果（図22に示すデータ）（h）を入力し、保全実施の余裕期間 T_0 を決定する。これは、図22に基づき決定する。いま、リスクしきい値を $R_L = 6$ と設定した場合、図22のリスク曲線 r_0 と $R_L = 6$ が交差する点R*の運転日数Dをグラフから読みとると、おおよそ $T_0 = 14$ である。 $T_0 = 14$ （日）が現在から予防保全を実施すべき期間である。これを外部モニタに出力し、また、次手段110にも出力する（ステップS9, S10の具体例）。

【0073】以上、ステップS1～ステップS10までを具体例で説明した。次に、ステップS11, S12を説明する。

【0074】アラームレベル決定手段110では、保全実施期間決定手段19で決定した結果（i）を入力してアラームレベルを決定し、外部警報器2へアラームレベル決定結果（j）を出力する。この決定方法の概要を図23に示す。

【0075】図23は、保全実施の余裕期間 T_0 の期間長を3ランクに分けし、各ランクに一対一にアラームレベル〔1, 2, 3〕を設定し、この対応関係により、アラームレベルを決定する様子を示したものである。

【0076】例えば、先の具体例の結果： $T_0 = 14$ （日）に対するアラームレベルは同図より、AL1点であ

り、アラームレベルL=2と決定される（ステップS11）。ここでは、3ランクに分けたが、ランク数はいくつでもよい。アラームレベル〔1, 2, 3〕は外部の警報器へ出力する信号（j）である。

【0077】抽象的ではあるが、外部警報器は、このアラームレベル〔1, 2, 3〕により、警報ベルを切り替える機能を有するものとする。例えば、警報音量の大きさ1, 2, 3の信号に対応させておけば、警報音量が切り替えられる（ステップS12）。但し、警報の形態は音だけではなく、色表示や音声、文字表示、グラフィック（又は映像）表示など、すべてに適用できる。

【0078】上記のステップS4～ステップS12は、ステップS3の特性値Fと異常レベルAとのしきい値判定の結果、特性値Fが異常レベルAより大きければ、それをトリガーに逐次繰り返す。この逐次、繰り返して、アラームレベルが切り替えられる様子を図24乃至図26に示す。

【0079】いま、運転日数 D_1, D_2, D_3, D_4, D_5 で「特性値F」が異常レベルAとなり、ステップS4～ステップS12が繰り返し、実行されたとする。図24は故障発生確率Pの曲線 $P_{01} \sim P_{05}$ が各運転日数 D_1, D_2, D_3, D_4, D_5 で変化していく様子を示している。また、図25はリスク曲線 $R_{01} \sim R_{05}$ が各運転日数 D_1, D_2, D_3, D_4, D_5 で変化していく様子を示している。この時、保全実施の余裕期間 T_0 も $T_{01}, T_{02}, T_{03}, T_{04}, T_{05}$ と変化している。図26は図25から得られる保全実施の余裕期間 T_0 をアラームレベルLのグラフに対応させたものである。

【0080】保全実施の余裕期間 T_0 について $T_{01}, T_{02}, T_{03}, T_{04}, T_{05}$ に対応するアラームレベルはAL1, AL2, AL3, AL4, ALの5点である。図26では、AL1点を中心時間経過に伴いアラームレベルが切り替わる様子を実線矢印で順に示している。

【0081】上記の実施形態では、特性値（具体例ではポンプの吐出圧力の特性）を対象に述べたが、ポンプの機器効率などの特性の評価値を今回の特性値に置き換えてもよい。また、他の特性値や特性異常度などもよい。さらに、上記の例では、機器を構成するプラント全体への影響を考えたが、監視対象と影響の組み合わせは種々考えられる。例えば、「監視対象」が特性異常度であり、「影響」がプラント機器全体への破損などの影響である場合、「監視対象」が特性値変動であり、「影響」が機器効率への影響である場合、「監視対象」が特性劣化度であり、「影響」が機器効率への影響である場合、「監視対象」が特性異常度であり、「影響」が機器効率への影響である場合、「監視対象」が機器効率への影響である場合、「監視対象」が機器効率であり、「影響」がプラント運営の経済性への影響である場合、などの組み合わせが考えられる。さらに、対象機器としては、ポンプ系以外の他の電気・機械的又は化学的に駆動する機器を備えた設備にも、監視対象と影響の組

み合わせを種々考えて本発明を適用できる。

【0082】上記した実施形態によれば、次の効果を得ることができる。

(1) 過去の履歴データの統計情報から、未来時の特性値の平均値を推定する際に、該統計情報として、分散値など、詳細な統計情報を使用するので、ノイズ等による一時的な変動に直接左右されず、平均値のみ考える場合よりも誤差が小さく(精度が高く)なる。

(2) 「ポンプ-反応器」系の経済的・安全な運営を支援する機能として、機器が異常・故障した場合の設備や環境に与える損害(保全コストも含めて)・被害などのリスク値を考慮して、適切なタイミングで緊急度合いを切り替ながら、その緊急度合いで応じたアラームを出す機能を提供できる。

【0083】

【発明の効果】以上のように、本発明によれば、機器の特性値データを常時監視すると共に、これを履歴ファイルに格納し、この特性値データが一定レベルを超えた場合には、過去の所定期間のデータを履歴ファイルから取り出して、時間間隔情報を同定すると共に、統計情報を抽出し、これらの情報に基づいて異常及び故障の発生についての確率を推定しているので、機器の異常や故障の可能性を適確に測定でき、充分な異常・故障検知能力を維持しつつ誤報等の発生を防止することができる。

【0084】また、予め機器の異常や故障の発生確率と影響の大きさとともに設備に与えるリスクを考慮したり、予防保全を実施すべき期間を決め、さらに、緊急度に応じてレベルを変化させたアラームを出したりする機能などを付加することにより、異常や故障に対してより適切な対応を取ることが可能なプラント設備監視装置を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態の構成を示すブロック図。

【図2】図1の動作についてのフローチャート。

【図3】図1における特性値評価手段の動作を説明するためのグラフ図。

【図4】図1におけるサンプリング手段の動作を説明するためのグラフ図。

【図5】図1における統計情報抽出手段の動作を説明するためのグラフ図。

【図6】図1における確率推定手段の動作を説明するためのグラフ図。

【図7】図1における確率推定手段の動作を説明するためのグラフ図。

【図8】図1における履歴情報ファイルに格納されるデータの内容を示す図表。

【図9】図1におけるリスク演算手段の動作を説明する

ためのグラフ図。

【図10】本発明の実施形態の適用対象となる設備の構成例を示す説明図。

【図11】本発明の実施形態の動作をより具体的に説明するための図表。

【図12】本発明の実施形態の動作をより具体的に説明するためのグラフ図。

【図13】本発明の実施形態の動作をより具体的に説明するための図表。

【図14】本発明の実施形態の動作をより具体的に説明するための図表。

【図15】本発明の実施形態の動作をより具体的に説明するためのグラフ図。

【図16】本発明の実施形態の動作をより具体的に説明するための図表。

【図17】本発明の実施形態の動作をより具体的に説明するための説明図。

【図18】本発明の実施形態の動作をより具体的に説明するための図表。

【図19】本発明の実施形態の動作をより具体的に説明するためのグラフ図。

【図20】本発明の実施形態の動作をより具体的に説明するための図表。

【図21】本発明の実施形態の動作をより具体的に説明するための図表。

【図22】本発明の実施形態の動作をより具体的に説明するためのグラフ図。

【図23】本発明の実施形態の動作をより具体的に説明するためのグラフ図。

【図24】本発明の実施形態の動作をより具体的に説明するためのグラフ図。

【図25】本発明の実施形態の動作をより具体的に説明するためのグラフ団。

【図26】本発明の実施形態の動作をより具体的に説明するためのグラフ団。

【符号の説明】

1 1 特性値評価手段

1 2 履歴ファイル

1 3 サンプリング手段

1 4 同定手段

1 5 統計情報抽出手段

1 6 確率推定手段

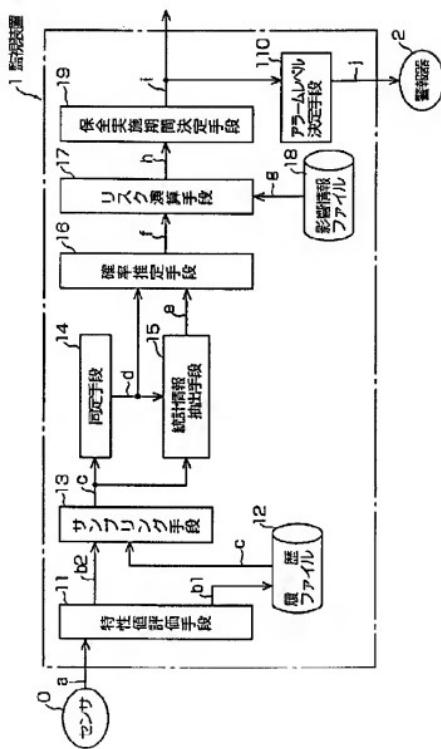
1 7 リスク演算手段

1 8 影響情報ファイル

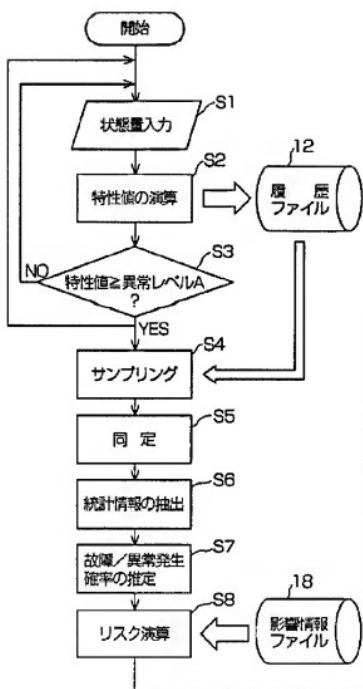
1 9 保全実施期間決定手段

1 1 0 アラームレベル決定手段

【図1】



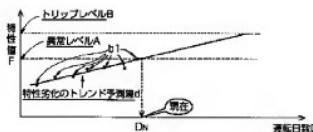
【図2】



【図8】



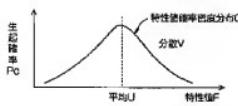
【図3】



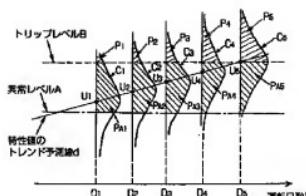
【図4】



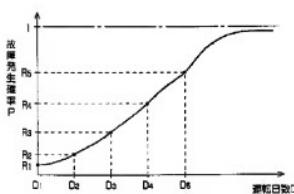
【図5】



【図6】



【図7】



【図10】



【図11】

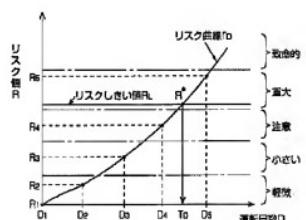
	1	3	5	7	9	11	15	17	19	21	23	25	27	29	31	
初期P_D (%)	87	90	94	89	82	86	96	100	106	102	110	113	110	107	112	116
初期P_D (%)	7.79															

【図13】

初期日数D	1	3	5	7	9	11	13
初期P_D (%)	116.24	116.12	120.00	121.98	123.78	122.04	127.92
分散 σ^2 (a)							

初期日数D	15	17	19	21	23	25	27
平均 P_D (%)	129.00	131.29	130.16	135.04	136.02	136.8	140.00
分散 σ^2 (a)							

【図9】



【図16】

初期日数D	1	3	5	7	9	11	13
初期P_D (%)	0.8700	0.8699	0.8689	0.8914	0.9867	0.9406	0.8130
初期P_D (%)	0.5671	0.3200	0.1314	0.0369	0.0086	0.0008	0

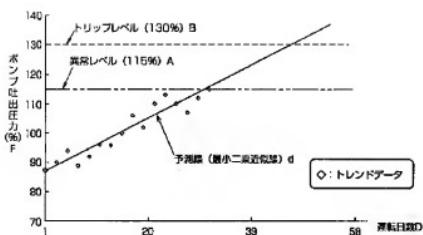
初期日数D	15	17	19	21	23	25	27
初期P_D (%)	0.403	0.403	0.353	0.291	0.254	0.156	0.089
初期P_D (%)	0	0	0.0002	0.0019	0.0125	0.0594	0.1967

【図14】

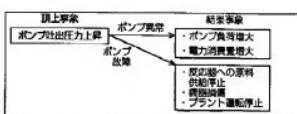
初期日数D	1	3	5	7	9	11	13
初期P_D (%)	0.4129	0.4129	0.3772	0.3896	0.3941	0.5634	0.5992
初期P_D (%)	0	0	0.0002	0.0019	0.0125	0.0594	0.1967

初期日数D	15	17	19	21	23	25	27
初期P_D (%)	0.22	-0.48	-1.15	-1.65	-2.48	-3.15	-5.63
初期P_D (%)	0.4129	0.4129	0.3772	0.3896	0.3941	0.5634	0.5992

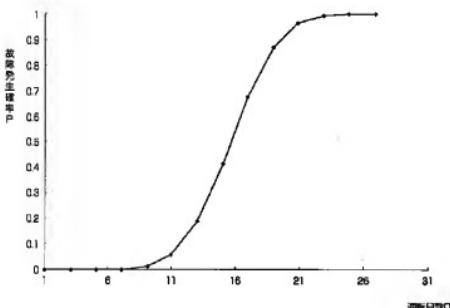
【図12】



【図17】



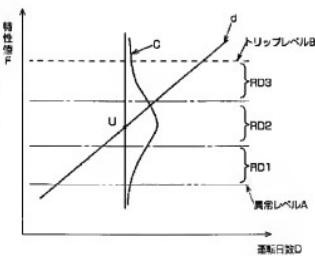
【図15】



【図18】

異常項目: ポンプ吐出圧力上昇		
状態	影響項目	影響の大きさ
ポンプ異常	ポンプ負荷増大 電力消費量増大	1~4.5
ポンプ故障	反応槽への原料供給停止 機器過熱 プラント運転停止	7.0

【図19】



【図20】

累積日数D	1	3	5	7	9	11	13
危険度指標P	0	0	0.0005	0.0018	0.0125	0.0594	0.1807
リスク率%	0	0	0.0014	0.0128	0.0876	0.4168	1.2069

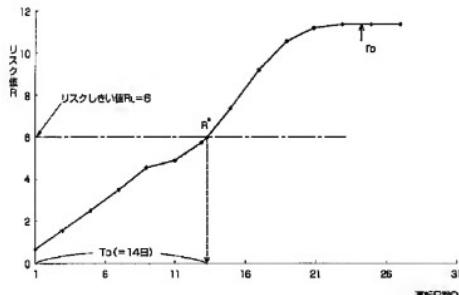
累積日数D	15	17	19	21	23	25	27
危険度指標P	0.4128	0.6772	0.8685	0.9541	0.9934	0.9992	0.9999
リスク率%	2.6903	4.7404	8.0202	12.7497	19.6536	29.9444	59.9893

【図21】

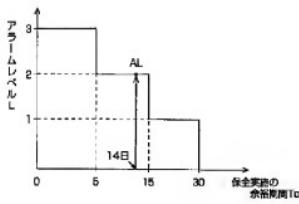
累積日数D	1	3	5	7	9	11	13
危険度指標P	0.6700	0.8696	0.9531	0.9914	0.9967	0.9995	0.9999
リスク率%	0.6700	0.8695	0.9531	0.9914	0.9967	0.9995	0.9999
累積リスク指試	0.6700	1.5396	2.5017	3.4831	4.4793	4.5	4.5

累積日数D	16	17	19	21	23	25	27
危険度指標P	0.5971	0.8200	0.9114	0.9359	0.9668	0.9908	0
リスク率%	0.5971	0.8200	0.9114	0.9359	0.9668	0.9908	0
累積リスク指試	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5

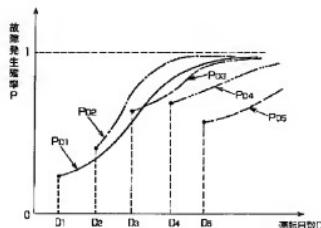
【図22】



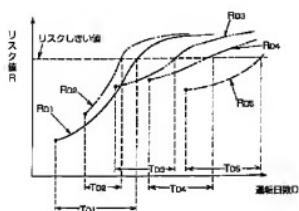
【図23】



【図24】



【図25】



【図26】

